

# UN VOLO SULLA CONOSCENZA

# Quaderni

---

DALLA FISICA  
ALL'ASTRONOMIA



Tutto è energia e questo è tutto quello che esiste

# Quaderni

---

DALLA FISICA  
ALL'ASTRONOMIA

UN VOLO SULLA CONOSCENZA

Carlo Bartolini  
Anguillara Sabazia  
2018

## INDICE

Introduzione	5
La “Fisica” e le quattro forze fondamentali	6
Un piccolo esperimento sulla Forza di Gravità	9
Le dimensioni dell’atomo	10
La “Luce”	11
La luce proveniente dal nostro Sole	13
La velocità della luce , la prima misurazione	15
La velocità della luce, l’insuperabile	16
La velocità della luce e il tempo	18
La velocità della luce e il tempo, la prova che Einstein aveva ragione	20
I colori della luce solare	22
Ma i colori, cosa sono?	25

Per i più curiosi: l'occhio umano in sintesi	28
Rendiamo visibile un raggio di normalissima luce	29
Rendiamo visibile un raggio che altrimenti non vedremmo	31
La fotocamera	32
I telescopi spaziali	35
Storia di un telescopio e di un fotone	37
La fotografia astronomica	41
La Terra gira. Hai mai pensato che....?	43
Avete idea a quale velocità ci stiamo spostando nell'Universo?	44
Qualche curiosità per iniziare a parlare di "stelle".	45
Le dimensioni dei Pianeti e del Sole	47
Chilometri, Unità astronomiche e Parsec	47
Il Sistema Solare	48
Il Sistema Solare - Proviamo a comprenderne le dimensioni	49
La distanza tra la Terra e la Luna, proviamo a riprodurla in scala	54
Il Sistema Solare - costruiamo il nostro modello in scala	55
Dalla Terra alla Luna - costruiamo il modello in scala	56
In quale punto dell'Universo si trova la Via Lattea?	57
Qualche bella immagine dell'Universo	59

**L’Astronomia** è certamente un argomento estremamente affascinante e coinvolgente che ci trasporta con facilità in un mondo ricco di misteri, dove fantasia e realtà sembrano talvolta confondersi l’una con l’altra.

Tuttavia prima di addentrarsi tra pianeti e stelle è forse opportuno dire due parole sulla Fisica

### **Cosa è la Fisica?**

Semplice: è la scienza che cerca di dare una spiegazione a tutto ciò che siamo e che ci circonda.

E’ un poco la casa dove coabitano tutte le altre scienze e credo che definirla “affascinante” sia davvero riduttivo.

Einstein, mitico, geniale, distratto e padre della più grande interpretazione dell’Universo, sosteneva che una nuova teoria non dovesse basarsi su complessi calcoli matematici, quanto basarsi su immagini sufficientemente elementari da poter essere comprese anche da un bambino.

Eccoci qua, sperando di essere stati più semplici possibili nella nostra esposizione!

## La “Fisica” e le quattro forze fondamentali

---

Esistono molti modi di affrontare e descrivere l’argomento, ma sinteticamente possiamo dire che il compito della Fisica è quello di dare una spiegazione a tutto ciò che esiste: dai fenomeni che avvengono sulla Terra per passare a quelli che coinvolgono l’intero Universo.

La cosa spettacolare che tutto ciò che conosciamo e che ci circonda si riassume nelle spiegazioni delle 4 Forze fondamentali descritte dalla Fisica.

Queste quattro forze sono dunque “responsabili” del nostro stare in piedi sulla terra, della resistenza dei collanti, e di qualunque altra cosa possa venirvi in mente.

Queste quattro forze (o interazioni) principali sono: **la forza gravitazionale, la forza elettromagnetica, la forza nucleare debole, la forza nucleare forte.**

### La forza Gravitazionale

Cosa sia realmente, ancora non lo sappiamo, ma sappiamo che agisce in tutto l’Universo e consiste nella capacità di un corpo di esercitare una forza di attrazione verso un altro.

L’esempio più evidente è quello della nostra Terra che esercita la sua la forza di attrazione anche su di noi consentendoci di stare diritti in piedi su qualunque parte del Globo



Isaac Newton è il principale “interprete” di questa forza ed è grazie alle sue formule che riusciamo a spedire ed a dirigere con precisione estrema le nostre sonde spaziali nello spazio interplanetario.

Vale la pena aggiungere che qualunque corpo (un oggetto dotato di

“massa”) possiedono una forza gravitazionale, anche se molto piccoli, come una vostra matita, o un granello di sabbia.

### La forza Elettromagnetica

Questa forza ha a che fare con la struttura atomica e molecolare della materia con particolare riferimento ai fenomeni di natura elettrica e magnetica.

La nostra quotidianità vi è immersa ! Dalla luce solare alle trasmissioni radio-televisive, a tutte le particolari proprietà dei corpi che ci circondano, siano essi colle, vernici, pneumatici per auto e chi più ne ha, più ne metta!

Gli atomi si combinano in tutte le molecole che formano i corpi che conosciamo proprio grazie alla forza elettromagnetica.

### La forza Nucleare Debole

Più che “forza” dovremmo chiamarla “debolezza” in quanto, proprio grazie alla sua debolezza, non contribuisce tanto a tenere insieme la materia quando a consentirne il suo decadimento.

Ad esempio, è grazie a lei che l’uranio (fortemente radioattivo), perde progressivamente radioattività fino a trasformarsi in piombo.

Avrete sentito parlare della datazione di reperti archeologici avvalendosi del “carbonio-14”, un isotopo radioattivo del quale sono ben conosciuti i tempi di decadimento che consentono appunto di risalire alla data del reperto stesso.



### La forza Nucleare Forte

La forza nucleare forte tiene uniti i “componenti” dell’atomo ( protoni e neutroni ) determinando una sorta di equilibrio con la forza elettromagnetica che invece tende a far allontanare le particelle con carica uguale (protoni)

Questa Forza è davvero “forte”!

Riuscire a rompere questo legame non è facile ed occorrono una tecnica avanzata ed un'energia molto consistente.

Oggi siamo in grado di “rompere” un atomo e di ottenere in cambio una notevole quantità di energia.

Il primo uso che tuttavia l'uomo ha fatto di questa conquista, non è stato avvalersene per fini civili, ma per quelli militari.



Diffondendo questa “reazione” (la reazione atomica) in una certa massa di atomi (normalmente un elemento pesante, ad esempio l'uranio o plutonio), si scatenerà un immediato “contagio” che dividerà tutti gli atomi in due frammenti ed altre particelle, liberando – in un tempo brevissimo – una quantità di energia enormemente superiore a quella occorsa per rompere il legame stesso.

Il processo diventerà incontrollabile e condurrà ad una esplosione devastante: quella della “bomba atomica”

L'uomo sta utilizzando questa energia anche per tentare di risolvere i propri bisogni energetici ma tuttora i problemi relativi alla produzione di questa energia sono enormi sia in termini di impatto ambientale (scorie radioattive) che in termini di controllo della medesima.

Gli incidenti delle centrali di Chernobyl e Fukushima sono la prova “provata”...



## Un piccolo esperimento sulla Forza di Gravità

Abbiamo appena detto che la Terra esercita su tutti i corpi un'attrazione (forza di gravità) nella direzione del suo centro.

Questa attrazione fa sì che un corpo che dovesse “cadere” sulla Terra, acceleri costantemente fino al momento dell'impatto.

Tuttavia il moto dell'oggetto che sta cadendo è influenzato dalla presenza dell'aria che ne rallenta la velocità di caduta.

Se non intervenisse la resistenza dell'aria tutti i corpi cadrebbero con la stessa accelerazione.

Ovvero immaginando di lasciar cadere dalla stessa altezza due corpi di dimensione e caratteristiche diverse, come un libro ed un pezzetto di carta, arriverebbero entrambi a terra nello stesso istante.

Ne dubitiamo? Possiamo fare un piccolo esperimento:

Lasciamo cadere contemporaneamente un libro ed un fogliettino di carta.

Il pezzetto di carta risentirà maggiormente della resistenza dell'aria e arriverà per secondo, nonostante la Terra attragga entrambi gli oggetti con la stessa intensità..



Ripetiamo lo stesso esperimento, appoggiando il foglietto sul libro. Adesso il foglio di carta risentirà della stessa resistenza dell'aria incontrata dal libro e...giungeranno a terra insieme.



Probabilmente l'effetto risulterà ancora più “spettacolare” se adoperiamo una moneta e un piccolo pezzetto di carta

## Le dimensioni dell'atomo

Questa è la più classica delle rappresentazioni dell'atomo.

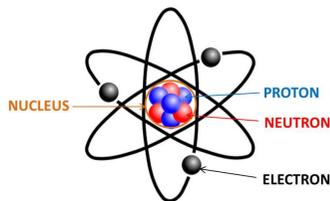
...ma non è proprio così!! 😊

In realtà, gli elettroni non si muovono lungo orbite fisse come i satelliti intorno ad un pianeta ma si muovono come sciami, allontanandosi ed avvicinandosi al nucleo, viaggiando a una velocità prossima alla velocità della luce.

È come se gli elettroni si agitassero all'interno di una nube che chiamiamo “orbitale” ed è praticamente impossibile stabilire contemporaneamente la loro posizione e la loro velocità.

Vogliamo provare ad immaginare la dimensione di questo “orbitale” ipotizzando che il nucleo dell'atomo sia grande quanto un pallone di calcio?

Ecco fatto: mettiamo il pallone al centro del nostro Lago di Bracciano; il cerchio in rosso rappresenta il diametro della “sfera” (l'orbitale) entro la quale si muovono gli elettroni.



## La “Luce”

---

Questo sì che è un argomento !

Stiamo leggendo questa pagina e la “vediamo”, così come vediamo tutti gli altri oggetti che, in questo momento, ci circondano.

In realtà, quella che noi “vediamo” è solo la ricostruzione, o se preferite, l’elaborazione degli stimoli che giungono al nostro cervello, provenienti dal nostro occhio, causati dalla reazione fotochimica della retina.

La domanda è: da cosa sono generati questi stimoli?

La chiamiamo “luce”.

Ma, di preciso, cosa è la luce?

Possiamo immaginare la luce, come dei “corpuscoli” costituiti solo da energia pura, che viaggiano nello spazio alla massima velocità raggiungibile nel nostro Universo (quella appunto definita “velocità della luce”), e che seguono un percorso rettilineo, oscillando tuttavia a somiglianza delle onde del mare, come indicato nella ricostruzione grafica dell’immagine soprastante.

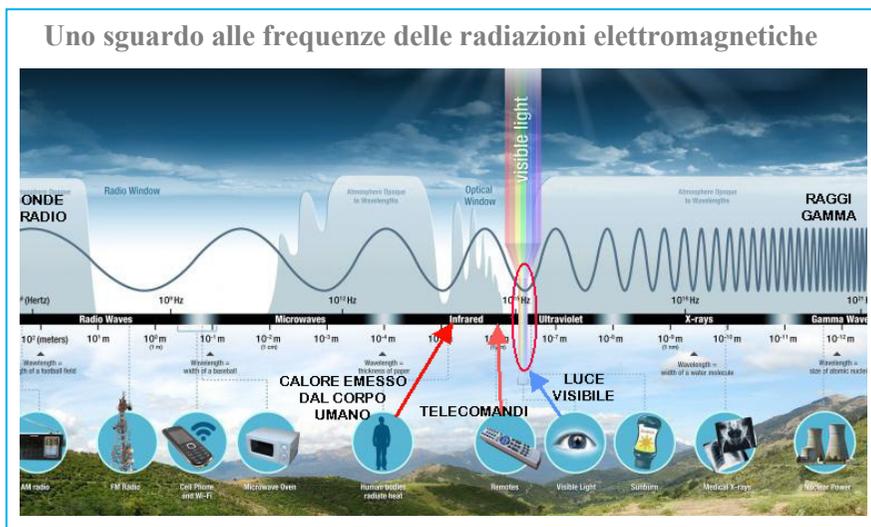


A questi “corpuscoli” abbiamo dato il nome di “fotoni”.

Questi “fotoni”, e di conseguenza la “luce”, sono solo uno dei tanti tipi che appartengono alla ben più vasta famiglia di fotoni, che l’uomo ha denominato “onde elettromagnetiche”, ed alle quali appartengono - per esempio - anche le onde radio, quelle della TV, i raggi X ed i pericolosissimi raggi gamma.

Come potete vedere, a volte le chiamiamo onde e a volte raggi, ma, in definitiva sono la stessa cosa.

Anche una porzione limitata di luce, come quella del sole che attraversa le nuvole o il fascio luminoso di una torcia elettrica, viene comunemente definita “raggi di luce”.



La più grande sorgente di questo tipo di fotoni è certamente il nostro Sole, ma ne conosciamo sicuramente molte altre, come il fuoco e alcuni oggetti realizzati dall’uomo, come le candele, i lumi a petrolio e le lampadine elettriche, etc.

Da quanto sopra emerge che noi percepiamo il veloce spostamento dei fotoni come un “raggio”, ma abbiamo anche compreso che non tutti i raggi sono visibili per i nostri occhi.

## La luce proveniente dal nostro Sole

Tutti i fotoni che vediamo e che illuminano le nostre giornate, vengono prodotti all'interno del Sole a seguito reazioni nucleari potentissime.

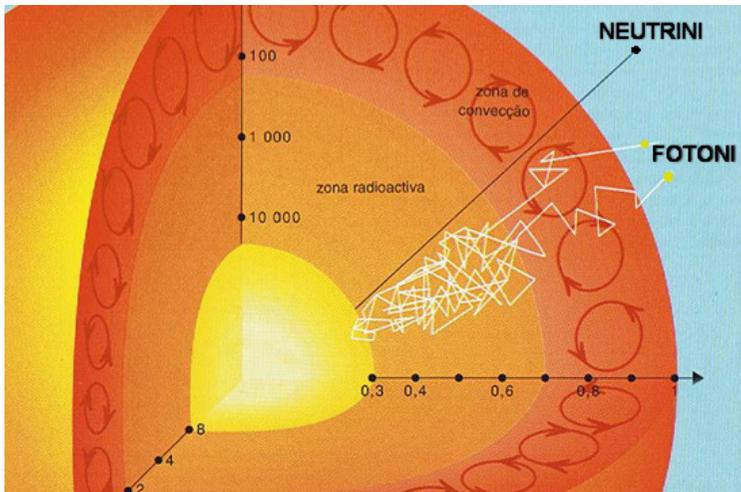
Quando vengono generati, la loro energia è talmente elevata che, se raggiungessero la Terra con quella potenza, non potrebbe esistere la vita, così come la conosciamo.

Fortunatamente per noi, all'interno del Sole, questi fotoni "pieni di energia" (definiti fotoni gamma), nell'attraversare il Sole, urtano contro una quantità immensa di altre entità di materia (definite ioni).

Ad ogni urto, perdono un poco della loro potenza.

Gli urti si susseguono per un periodo lunghissimo.

Pensate che questi fotoni, prima di riuscire ad emergere dal sole e dirigersi verso di noi, **impiegano diversi milioni di anni** durante i quali, a causa dei continui urti, hanno così perduto moltissima della loro pericolosa energia.



Noi conosciamo bene l'energia che è ancora rimasta in questi fotoni! Quando ci esponiamo ai raggi del Sole, sentiamo bene il loro calore sulla pelle!

Sono i fotoni che ad ogni urto con la nostra pelle continuano a cedere la loro energia che noi percepiamo sotto forma di calore.

Tuttavia i fotoni non vengono prodotti solo dal Sole o da oggetti che ci appaiono "luminosi".

Avrete certamente assistito la mamma quando stira, e, avvicinandosi al ferro da stiro, avrete certamente percepito il "calore" che emana, così come lo avete lo percepito avvicinandovi alla pentola contenete acqua bollente.

Quel calore è dovuto ai fotoni emessi sia dal ferro da stiro che dalla pentola, e che urtano contro di voi cedendovi la loro energia.

Anche il corpo umano emette calore. Emette fotoni !

La differenza con gli altri fotoni che abitualmente chiamiamo "luce", è che questi tipi di fotoni non sono visibili al nostro occhio.

Avrete certamente veduto filmati in cui vengono adoperati "visori notturni" per individuare uomini, animali e mezzi che si muovono al buio.

Ciascuno di questi corpi emette calore. Emette fotoni.

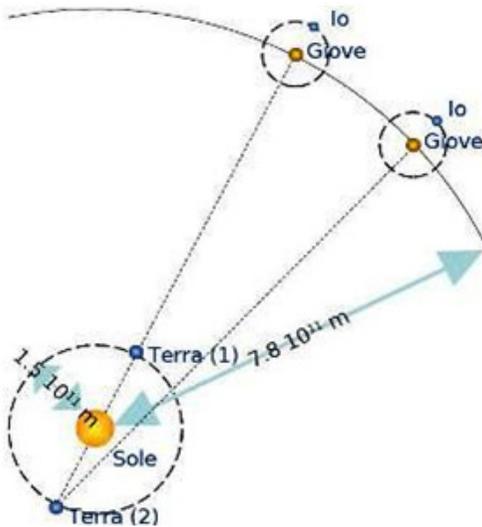
L'uomo con la sua tecnologia, ha costruito strumenti in grado di rendere visibili anche radiazioni che, diversamente, non lo sarebbero.



## La velocità della “luce”, la prima misurazione

La domanda di cosa fosse la “luce” e quale fosse la sua velocità, si perde nella notte dei tempi.

Occorre arrivare al XVII secolo per confutare l’ipotesi che la velocità della luce fosse infinita. L’astronomo danese Ole Romer riuscì a dimostrare con un sistema semplice ma geniale che la luce ha una velocità misurabile, sebbene enorme.



Osservando il satellite di Giove (denominato “Io”), si era accorto che quando la Terra era più lontana da Giove, sembrava che Io impiegasse più tempo a ruotare intorno al suo Pianeta rispetto al momento in cui la Terra era più vicina.

Ne dedusse che il fenomeno era imputabile alla velocità della luce che non doveva essere infinita, come invece era stato ritenuto fino alla sua epoca.

Data la limitatezza degli strumenti di osservazione disponibili a quel tempo, Romer calcolò la velocità in 220.000 km al secondo,

Misura che ai giorni nostri, e con tecnologie avanzate, è stata accertata essere di 299.792,458 km/secondo. Per semplificare possiamo ricordarci 300.000 km/s

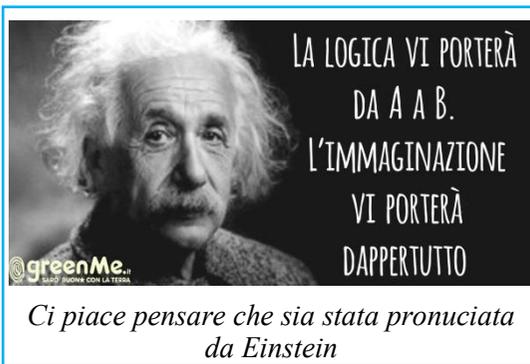
## La velocità della “luce”, l’insuperabile

---

Ma la “luce” è una fonte di inesauribili sorprese!

Occorre arrivare agli inizi del secolo appena trascorso, agli anni in cui Albert Einstein formulò le due teorie più famose e conosciute: la “relatività ristretta (o speciale)” prima e la “relatività generale”, poi.

La cosa “divertente” è che a fronte di calcoli matematici “impressionanti”, Einstein spiegava ed illustrava le sue intuizioni con una semplicità disarmante.



Molte delle sue spiegazioni utilizzano deduzioni basate sugli spostamenti di autobus, treni, ascensori, orologi, passeggeri e persone che, dall’esterno dei mezzi citati, osservano gli spostamenti di tutti.

Occorre dire subito che fu Einstein a determinare che la velocità della luce è costante e corrisponde alla velocità massima raggiungibile nel nostro Universo.

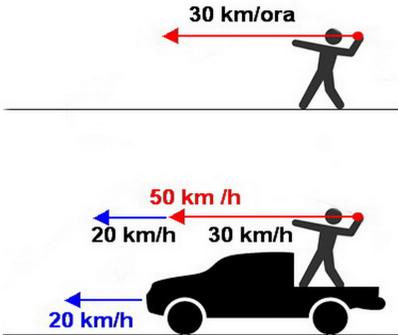
Fin qui, apparentemente, nulla di strano o di incomprensibile.

Ma torniamo al nostro “fotone” ricordandoci è un “puntino” di energia pura che non possiede un “corpo” (una massa) e che viaggia sempre e solo alla velocità della luce.

Ovvero la sua velocità non può aumentare o diminuire in nessun caso (nel vuoto!....mentre è rallentata dalla propagazione in una “sostanza”, come l’atmosfera, l’acqua o il vetro).

Ecco come si può cercare di spiegare che la sua velocità rimane costante: facendo un paragone.

Supponiamo che un uomo, fermo, con i piedi a terra, lanci un sasso alla velocità di 30 chilometri orari e che poi ripeta il lancio dopo essere montato su un pickup ed aver atteso che questo raggiungesse la velocità di 20 km/h.



E' sufficientemente intuitivo che, in questo secondo caso, la velocità del sasso aumenterà della velocità del pickup, raggiungendo i 50 km/h.

Supponiamo adesso che lo stesso uomo, stando con i piedi a terra, anziché lanciare un sasso, accenda una torcia elettrica

Il fascio di fotoni partirà istantaneamente alla velocità della luce:

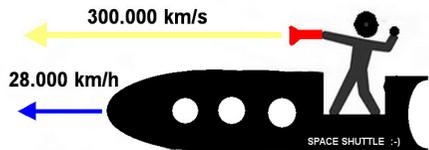
300.000 km/s (circa).

Ora, facciamo salire in nostro uomo su uno Space Shuttle che viaggia a velocità ben superiori di quelle di un'autovettura, chiedendogli di accendere la stessa torcia elettrica.



Il fascio di fotoni partirà nuovamente, istantaneamente, alla velocità della luce: 300.000 km/secondo.....ma questa volta, alla loro velocità non si sommerà quella dello Space Shuttle...

La luce viaggia sempre alla stessa velocità.



## La velocità della “luce” e il tempo

---

Tuttavia, la cosa più stupefacente è ciò che accadrebbe ad un corpo che dovesse viaggiare alla velocità della luce (cosa di fatto non possibile in quanto corpi che hanno una massa - come un uomo o un’astronave - non possono raggiungere la velocità della luce)

Ce lo spiega sempre Einstein: si trovava a Berna su di un mezzo pubblico, sulla piazza con la famosa Torre dell’Orologio.

Guardando l’orologio si domandò cosa sarebbe accaduto se il mezzo pubblico fosse partito istantaneamente alla velocità della luce.

Per tutto il viaggio, l’orologio e tutta la piazza gli sarebbero apparsi fermi come congelati nella foto, perché la “luce” della piazza avrebbe “accompagnato” il mezzo pubblico alla sua stessa velocità, senza poterlo né raggiungere né lasciarsi distanziare.



Stavano radicandosi in lui i concetti che lo portarono a formulare la “Teoria della Relatività”.

Senza addentrarsi più di tanto in questi concetti, c’è un’altra conseguenza stupefacente che deriva dalle sue conclusioni.

***Per un oggetto che dovesse avvicinarsi progressivamente, e poi raggiungere la velocità della luce, il tempo rallenterebbe fino a fermarsi.***

Ma se viaggiando alla velocità della luce il tempo si ferma, un fotone come “vede” tutta la questione?

Come abbiamo detto, i fotoni non hanno una massa, dunque i “nostri fotoni”, compresi quelli che hanno impiegato miliardi di anni per arrivare fino a noi dalle più lontane galassie e dal Big Bang stesso, hanno perennemente viaggiato alla velocità della luce senza che per loro sia trascorso nessun “tempo” dal momento della loro formazione ad oggi.

**Dal loro “punto di vista”**, non hanno percorso nessuna distanza e non è trascorso nessun tempo.

Sono semplicemente nati nello stesso istante in cui, impattando contro un corpo, diventando visibili per i nostri occhi facendoci apparire il corpo stesso illuminato.

Forte, eh!?

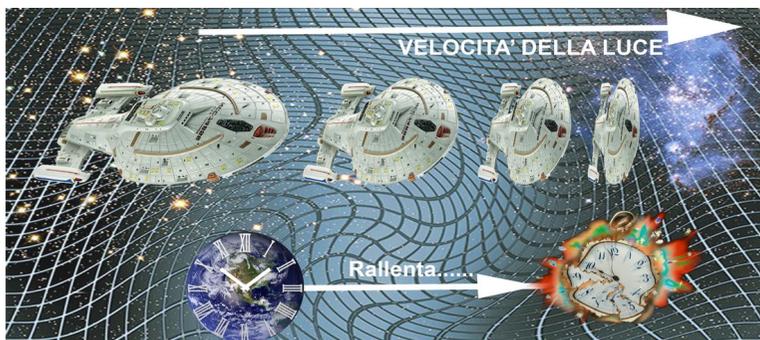
E per un’astronave?

Potendola osservare da qua, man mano che sua la velocità aumenta avvicinandosi a quella della luce (senza mai poterla raggiungere!), vedremmo l’astronave deformarsi, contraendosi, mentre il tempo a bordo apparirebbe svolgersi al rallentatore rispetto al normale scorrere sulla nostra Terra.

Per i suoi passeggeri tutto apparirebbe normale.

Tuttavia gli effetti ci sarebbero ! Al loro rientro, scoprirebbero che per loro è passato molto meno tempo rispetto a quello trascorso sulla Terra.

Se a compiere il viaggio fosse stato uno di due uomini “gemelli”, al suo rientro sarebbe molto più giovane del fratello lasciato sulla Terra



## La velocità della “luce”, la prova che Einstein aveva ragione

---

La prima divulgazione della teoria di Einstein ha compiuto cent'anni il 25 Novembre del 2015.

In quel periodo l'aviazione era agli albori e solo pochi anni li separavano dal primo volo effettuato, dai Fratelli Wright con il loro Flyer, nel Dicembre del 1903.

Anche la tecnologia del tempo era sufficientemente arretrata, tanto da non consentire le verifiche sperimentali delle intuizioni e dei complessi calcoli di Einstein.

Occorre arrivare nella nostra era di satelliti, razzi e computer per accertare con meraviglia che le “predizioni” erano (e lo sono tutt'ora) esatte.

Tutti noi ben conosciamo il sistema di navigazione che normalmente chiamiamo “GPS”.

Questo si basa sull'utilizzo di una folta schiera di satelliti posti in orbita intorno alla Terra alla distanza di circa 20.000 km dalla superficie, con una velocità di oltre 14.000 km/h.



La precisione del sistema GPS si basa sulla misura del tempo che la “luce” (le onde elettromagnetiche) impiega per coprire la distanza tra il punto sulla Terra ed i satelliti.

Essendo la velocità della luce molto elevata, e la distanza da percorrere relativamente breve, il tempo che occorre per collegare satelliti e punti sulla Terra è brevissimo: pochissimi centesimi di secondo.

Un piccolissimo errore di misurazione e...addio precisione!  
E qui viene il bello!

Secondo la teoria della “relatività speciale”, come abbiamo detto, nel paragrafo precedente, un osservatore a Terra vedrebbe gli orologi di un satellite scorrere più lentamente di quelli rimasti a terra, per effetto della velocità dei satelliti stessi.

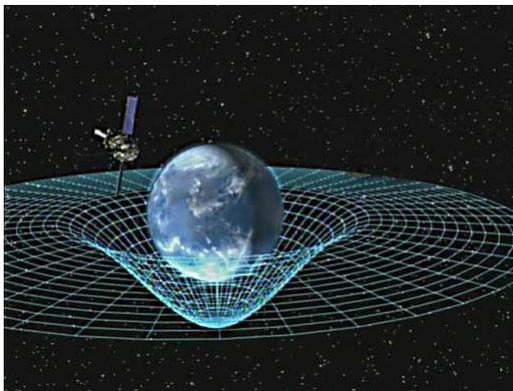
La teoria della “relatività generale” aggiunge poi che allontanandosi dalla gravità terrestre la variazione della curvatura dello spazio-tempo comporterebbe che gli orologi dei satelliti correrebbero più velocemente di quelli terrestri...

I due fenomeni, nella specifica situazione dei satelliti GPS, hanno una diversa entità e complessivamente, i loro orologi sarebbero più veloci dei quelli sulla Terra.

Per poter segnalarci la nostra esatta posizione, il sistema GPS deve quindi tener conto di un errore di microsecondi al giorno.

Potrebbe apparire un errore ridicolo, ma non è così!

Se non si tenesse conto delle necessarie correzioni da apportare alla misura del tempo effettuata a bordo dei satelliti rispetto agli orologi terrestri, gli errori relativi al posizionamento di un punto sulla Terra si accumulerebbero in modo vertiginoso, nell'ordine di molti chilometri al giorno.



*Rappresentazione della deformazione dello spazio-tempo causata dalla gravità*

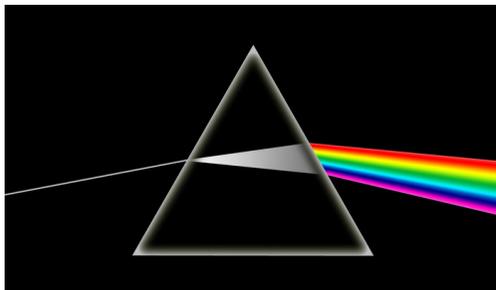
Siamo dovuti arrivare ai giorni nostri per verificare ed accertare molte previsioni di Einstein; per alcune altre ci stiamo avvicinando ora al livello tecnologico necessario per confermarne la validità.

## I colori della luce solare

---

La luce solare che noi possiamo vedere è composta da una mescolanza di fotoni con caratteristiche diverse, ovvero con diverse lunghezze d'onda.

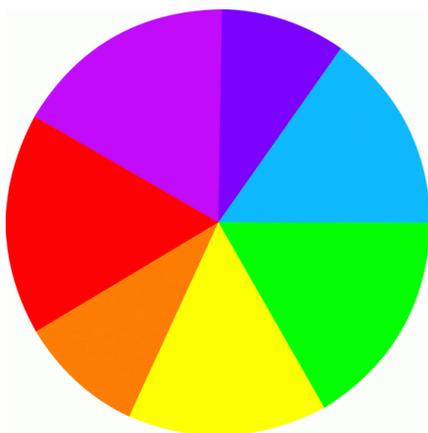
E' possibile suddividere la luce secondo queste caratteristiche, ciascuna delle quali provoca in noi la sensazione visiva di un colore. I colori sono sette: rosso, arancione, giallo, verde, blu, indaco e violetto.



La luce solare, che abitualmente definiamo “bianca” è dunque composta dalla mescolanza di questi colori.

Possiamo eseguire un semplice esperimento che prende il nome di uno dei più grandi scienziati di tutti i tempi, Isaac Newton, che lo dimostrò per primo.

E' sufficiente suddividere un cartoncino di forma circolare in settori ciascuno dei quali deve essere colorato con uno dei sette di colori sopra citati .

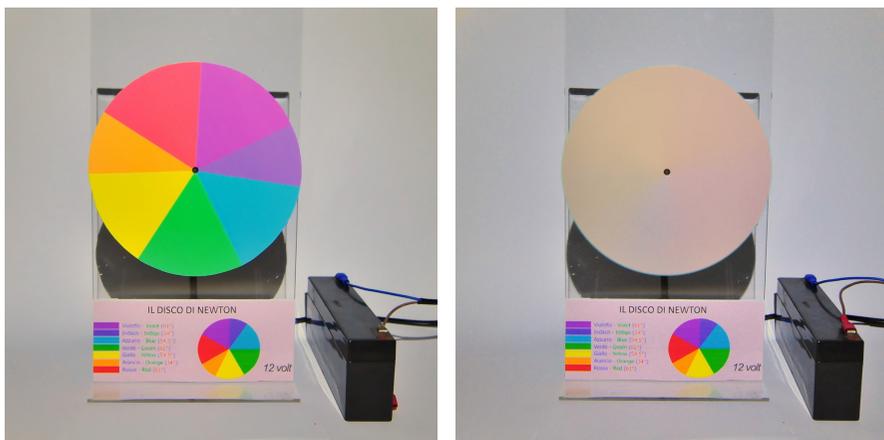


Fatto ruotare rapidamente attorno ad un asse passante per il centro, apparirà sufficientemente bianco.

Per un risultato ottimale, il disco dovrebbe essere illuminato con una luce molto simile a quella solare e dovrebbe ruotare ad una velocità tanto elevata da impedire all'occhio umano di distinguere il movimento dei singoli settori colorati.

Abbiamo messo in rotazione il disco avvalendoci di un motore elettrico e, pur senza disporre di una adeguata illuminazione e di un altrettanto adeguata rotazione, il risultato è quello visibile nelle immagini sottostanti.

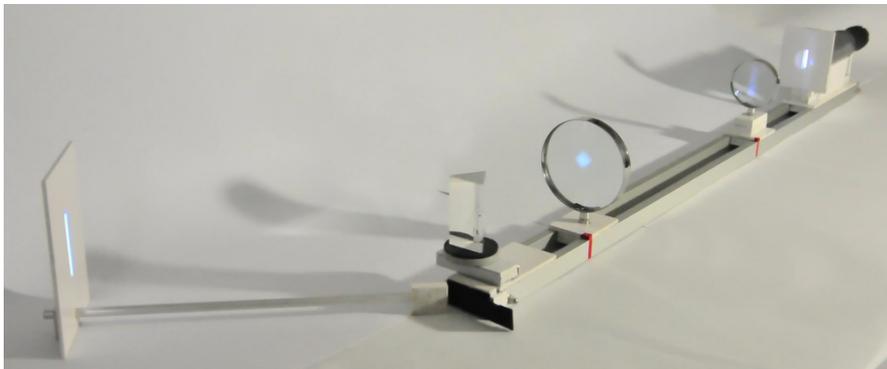
Il piccolo esperimento sarà mostrato nell'occasione della visita delle scolaresche presso il "laboratorio" di fisica appositamente allestito nelle nostre strutture.



## La scomposizione della luce attraverso un prisma

Il fenomeno, detto dispersione della luce, è dovuto alla "rifrazione" e fu studiato per la prima volta da I. Newton che con questo esperimento dimostrò che la luce bianca è in realtà formata sette colori: rosso, arancione, giallo, verde, blu, indaco e violetto.

Abbiamo ricostruito l'esperimento realizzando prima di tutto un raggio di luce che mantenesse quanto più invariate le sue dimensioni fino al raggiungimento della faccia del prisma

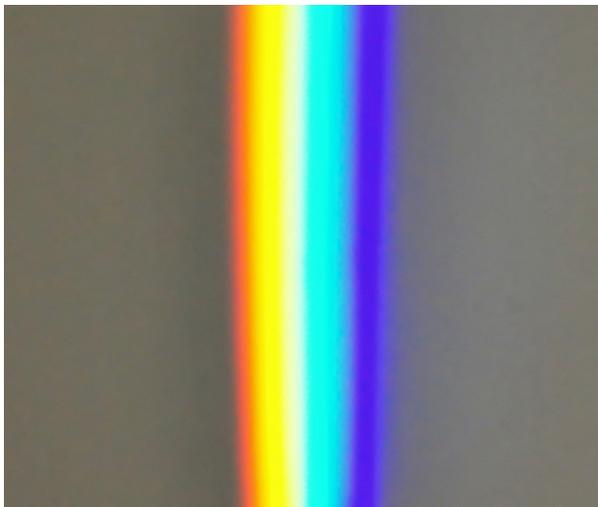


Per far ciò ci siamo avvalsi dei materiali che abbiamo potuto reperire tra quelli comunemente “dispersi” nelle nostre case.

Siamo così dovuti ricorrere all’uso delle due lenti in quanto, usandole singolarmente non riuscivamo a raggiungere il risultato voluto.

Anche questo piccolo esperimento sarà mostrato nell’occasione della visita delle scolaresche presso il “laboratorio” di fisica appositamente allestito nelle nostre strutture dell’aviosuperficie.

Ecco il risultato



## Ma i colori, cosa sono?

---

Abbiamo parlato di “luce”, del fatto che è caratterizzata da ‘corpuscoli’ di energia che definiamo “fotoni”, che questi appartengono alla grande famiglia delle onde elettromagnetiche ed abbiamo compreso che non tutte queste “onde” (o “raggi”) sono visibili per i nostri occhi.



Le radiazioni visibili dall’occhio umano sono infatti comprese in una fascia molto ristretta dello spettro elettromagnetico ( vedi box in fondo alla pagina)

Abbiamo anche accennato al fatto che tutto quello che noi “vediamo” è solo la ricostruzione, o se preferite, l’elaborazione degli stimoli che giungono al nostro cervello, provenienti dal nostro occhio, causati dalla reazione fotochimica della retina. ....e abbiamo anche detto che la luce che noi percepiamo come ‘bianca’ è in realtà composta dalla miscelazione di sette colori: rosso, arancione, giallo, verde, blu, indaco e violetto.



### Ma, di preciso, cosa sono i colori ?

Probabilmente, la maggior parte di noi ritiene che il colore sia una specifica caratteristica dell’oggetto che stiamo osservando: un’automobile è

rossa perché è verniciata di rosso; analogamente, dicasi di un’automobile bianca, mentre un bel campo verde è verde perché di tale colore è l’erba.

**....ma non è così !!**

**....i colori non sono una caratteristica del mondo reale !!**

Per l’ “Universo”, l’onda elettromagnetica che abbiamo definito “luce” non è dissimile dalle altre onde elettromagnetiche, siano esse “raggi X” o le onde di una trasmissione televisiva o quelle di un “telefonino”.

**Per l' "Universo", i colori che noi vediamo.... semplicemente..... non esistono...**

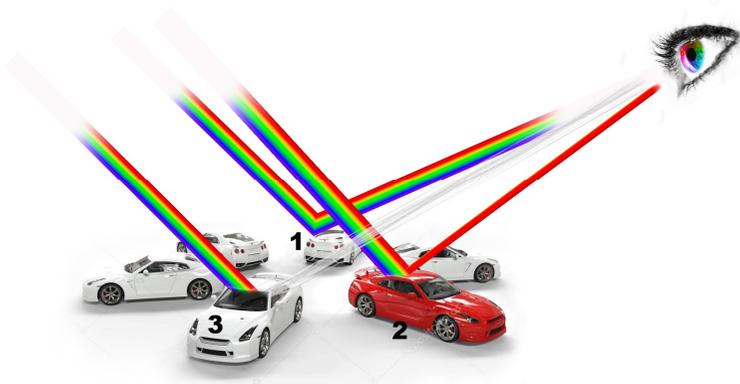
I colori sono solo il risultato della complessa elaborazione che il nostro cervello esegue, riguardante la ristretta gamma di frequenze elettromagnetiche che il nostro occhio è un grado percepire e che noi chiamiamo "luce".

**Una macchina rossa, dunque....non è rossa; ci appare rossa!!**

Affinchè il nostro cervello giunga alla conclusione di farci percepire un colore (in questo caso, il color rosso), intervengono molti fattori in grado di determinare una diversa miscelazione delle frequenze elettromagnetiche che compongono il fascio dei raggi di "luce" iniziale

Sono le caratteristiche fisico/chimiche dell'oggetto illuminato che modificano questa miscelazione e sono, essenzialmente, la sua capacità di assorbire alcuni tipi di fotoni della "luce" e di rifletterne altri verso il nostro occhio

Nell'immagine che segue abbiamo rappresentato tre fasci di raggi di luce bianca che proseguono il loro viaggio verso alcuni oggetti a



noi ben conosciuti: tre automobili.

Nei fasci di raggi di luce solare, i diversi tipi di fotoni che la compongono (e di conseguenza i colori) sono "mescolati" fino ad appa-

rire “luce bianca”, ma, per i fini della spiegazione, li abbiamo rappresentati suddivisi nei sette colori caratteristici.

### **Primo caso**

Un fascio di raggi di luce colpisce la vettura “1”.

La composizione chimica della vernice è tale da riflettere totalmente il fascio dei “fotoni/luce-bianca” verso i nostri occhi  
...e l’auto ci apparirà bianca.

### **Secondo caso**

Un altro fascio di raggi di luce colpisce la vettura “2”.

In questo caso la composizione della vernice è tale da assorbire tutti i fotoni/colore ad esclusione di quello che noi chiamiamo “rosso”, che sarà riflesso verso i nostri occhi.

L’auto ci apparirà rossa..

La cosa non cambierebbe se stessimo parlando di un pomodoro.....  
che ci apparirebbe anch’esso rosso □

### **Terzo caso**

Un ulteriore fascio di raggi di luce colpisce la vettura 3 penetrando dal vetro anteriore, finendo per infrangersi sul cruscotto e sui sedili. Il cruscotto è appositamente composto da un materiale che deve assorbire più raggi luminosi possibile, senza rifletterli, per evitare che possano creare disturbo agli occhi del conducente, durante la guida.

...e a noi il cruscotto appare nero

Anche i sedili sono di un materiale che assorbe la maggior parte dei fotoni che non verranno quindi riflessi verso il nostro occhio.

...e anche i sedili ci appariranno neri ...

Il “nero” è determinato semplicemente dall’impossibilità dei raggi di “fotoni /colore” di arrivare fino al nostro occhio, causata dal fatto che il materiale contro il quale si sono imbattuti li ha assorbiti praticamente per intero.

Il nero è semplicemente...l’assenza di colori.

In tutti i casi, l’ “Universo” continuerà ad ignorarne l’esistenza dei “nostri colori”, che sono un fenomeno relegato solo all’interazione onde elettromagnetiche-occhio-cervello umano...:-)

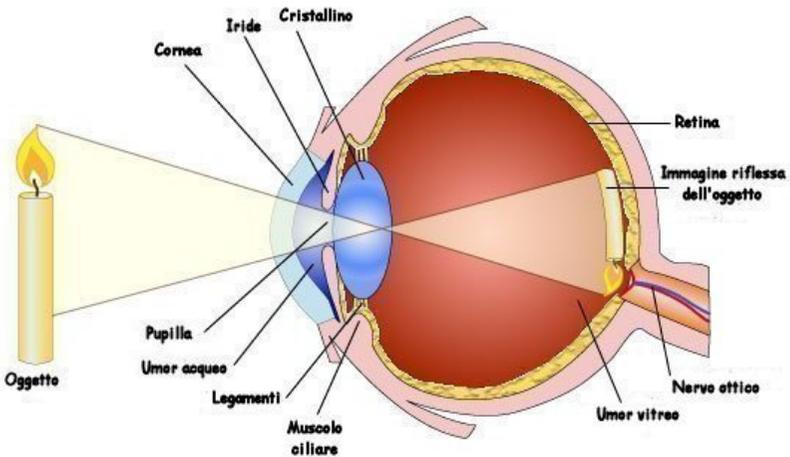
## Per i più curiosi: l'occhio umano in sintesi

---

Come abbiamo detto, l'occhio umano percepisce ed elabora una parte ben limitata di tutte le radiazioni elettromagnetiche.

L'occhio si comporta non solo come una macchina fotografica dotata di una lente necessaria a convogliare la "luce" sul "sensore retina", ma anche come un apparato di radio-ricezione, la cui antenna è in grado di ricevere alcune onde elettromagnetiche che riesce a distinguere singolarmente, ed alle quali sarà poi attribuito un colore in base alla energia percepita dai "recettori retinici".

Questi recettori, a loro volta, avviano un complesso di reazioni chimiche e stimolazioni nervose che vengono trasmesse al cervello dando luogo ad elaborazioni la cui conclusione sono le immagini ed i colori così, come li conosciamo.

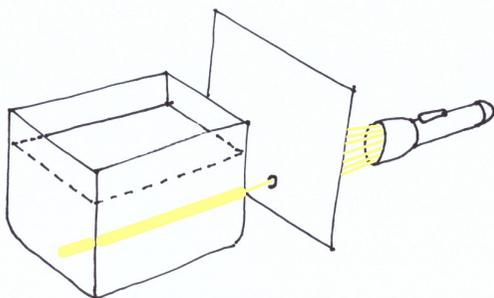


## Rendiamo visibile un raggio di normalissima luce

---

Sono sufficienti pochissime cose per rendere visibili i raggi di luce. Dobbiamo eseguire l'esperimento in un ambiente illuminato solo da luce artificiale che poi potremo spegnere.

Occorre disporre di una vaschetta trasparente (possibilmente a base rettangolare), riempirla di acqua alla quale aggiungeremo poche gocce di latte (circa 5 gocce per un litro di acqua), di un foglio di carta non trasparente, al cui centro praticheremo un piccolo foro (circa 4 – 5 millimetri) e una normale torcia tascabile.



Adesso avviciniamo il foglio di carta alla vaschetta (potrebbe essere necessario far aderire il foglio ad un lato della vaschetta) e illuminiamo il foro che abbiamo praticato su foglio con la torcia, come indicato nel disegno.

Spegniamo la luce dell'ambiente...e vedremo chiaramente il raggio di luce diffondersi traversando la vaschetta.

Il fenomeno si chiama appunto “diffusione” e la luce è resa visibile dalle molecole del latte che la “diffondono” in tutte le direzioni, rendendo così visibile il raggio ai nostri occhi.

Se eseguiamo lo stesso procedimento senza immettere acqua e gocce di latte nella vaschetta, il raggio di luce la attraverserebbe rimanendo invisibile come, del resto, lo sono tutti gli altri raggi che illuminano l'ambiente.

In alternativa, potremmo eseguire lo stesso esperimento utilizzando la stessa vaschetta e, al posto della carta con il foro e della torcia tascabile, potremmo utilizzare un normale puntatore laser, quella piccola “penna” adoperata per indicare con un punto rosso (o verde) un argomento su di una lavagna, standone distanti.

Potremo notare che il raggio del laser sarà visibile solo nel tratto che attraversa la vaschetta



L’esecuzione dell’esperimento risulterà più facile.....ma, **attenzione, questi puntatori sono estremamente pericolosi e non vanno mai osservati direttamente o indirizzati verso il volto di altre persone !!!**

Avrete certamente già notato il fenomeno della “diffusione” in qualche ripresa subacquea, al cinema o in TV, dove il sub adopera un apparato d’illuminazione il cui fascio luminoso è ben visibile, diversamente da quello che accadrebbe in aria, in quanto viene “diffuso” dal plancton e dal minuscolo pulviscolo sempre presenti nell’acqua.

### **Nota**

**Diffusione:** fenomeno che si verifica quando dei raggi di luce impattano su superfici o corpi che non siano in grado di assorbirli e nel contempo che non siano in grado di consentire una riflessione ordinaria

In questo caso i raggi vengono sparsi in tutte le direzioni possibili.

## Rendiamo visibile un raggio che altrimenti non sarebbe visibile ai nostri occhi.

---

Come abbiamo visto, sono molti i raggi (o le onde elettromagnetiche) che i nostri occhi non riescono a vedere.

La tecnologia li adopera comunemente, ad esempio, per la trasmissione dei programmi televisivi, per parlarsi con i telefonini, per eseguire radiografie etc.

Tutti noi abbiamo in casa un oggetto molto comune che utilizza un sistema di trasmissione dati tramite un raggio elettromagnetico non visibile ai nostri occhi.

Stiamo parlando del telecomando con il quale impartiamo “comandi” al televisore.



I nostri occhi non possono vederlo, ....ma la nostra macchina fotografica digitale o quella del nostro telefonino..sì !!

Questo è possibile perché il “sensore” della macchina fotografica è in grado di rilevare un maggior numero di tipi di raggi di quanto non riesca a fare l’occhio umano.

Proviamoci.

Poniamoci di fronte ad uno specchio armati di telecomando e macchina fotografica digitale, oppure utilizziamo quella del telefonino. Spegniamo la luce dell’ambiente, rimanendo al buio. Puntiamo il telecomando verso il centro dello specchio e teniamo premuto un qualunque tasto.

Contemporaneamente, inquadrando lo stesso punto con la macchina fotografica e, sul suo monitor, vedremo distintamente un punto luminoso che potremo fotografare tranquillamente.

Abbiamo fotografato un raggio “invisibile”....

## La fotocamera

Abbiamo appena accennato al fatto che l'occhio si comporta come una macchina fotografica.

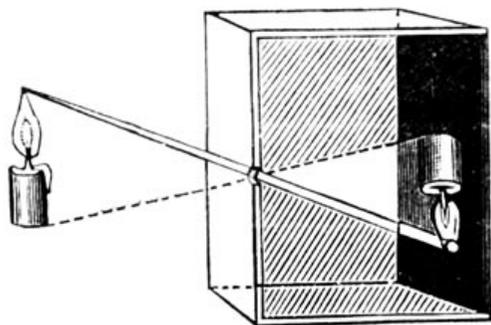
L'origine della "macchina fotografica" è ben più lontana di quanto possa apparire in un primo momento.

Ovviamente non si chiamava "macchina fotografica", ma veniva appellata con diversi nomi:

### **la Camera ottica o Fotocamera stenopeica**

Aristotele descrisse il fenomeno già nel IV secolo a.C. mentre uno dei primi utilizzi documentati risale al 1292 ad opera di Guglielmo di Saint-Cloud che la utilizzò per osservazioni astronomiche.

Anche Leonardo da Vinci descrisse un procedimento per disegnare edifici e paesaggi dal vero avvalendosi di una "camera oscura" con una lente regolabile apposta sul foro praticato su di una delle pareti.



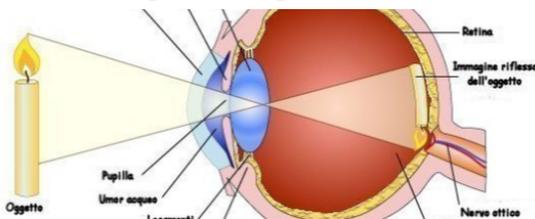
Con questo strumento, Leonardo intendeva dimostrare che le immagini si propagano in modo rettilineo e vengono capovolte al passaggio dei raggi di luce in un foro, ipotizzando che anche l'occhio umano avesse

un analogo comportamento.

Vale dunque la pena osservare che l'immagine proiettata sul fondo della fotocamera stenopeica appare capovolta.....proprio come accade nell'occhio umano e come ipotizzava Leonardo da Vinci.

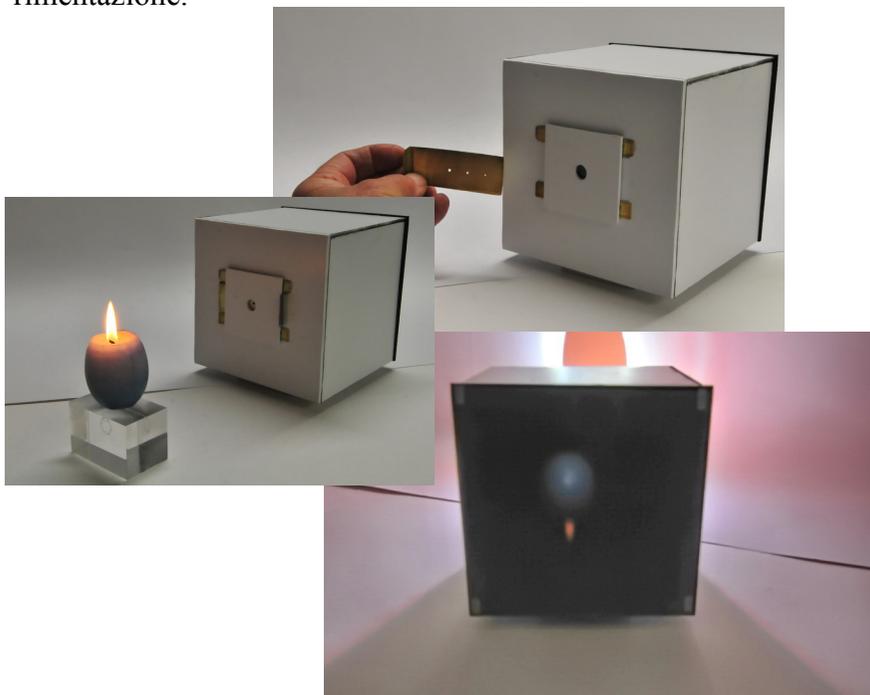


E' la complessa attività cerebrale che provvede poi a “raddrizzarla” e, come abbiamo detto, a darci contemporaneamente la percezione dei colori.



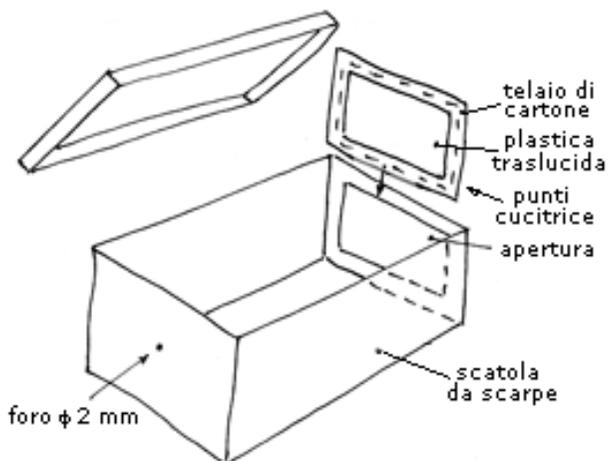
Il modellino nelle foto che seguono, è stato realizzato con del cartone consistente, internamente dipinto di nero, sostituendo la parete opposta al foro stenopeico con un foglio di carta traslucida, di quelli che si adoperavano per il disegno tecnico.

Il foro stenopeico è stato riportato con tre diverse grandezza su una sottile lastrina di ottone, per avere più possibilità di valutare la sperimentazione.



Il foro di dimensioni minori consente di osservare un'immagine abbastanza nitida ma poco luminosa, mentre il foro più grande farà apparire l'immagine più luminosa ma decisamente più sfocata.

La “fotocamera” potrebbe comunque essere realizzata molto più semplicemente avvalendosi di una scatola da scarpe, dipingendo l'interno di nero, praticando un foro di meno di 2 millimetri ed adoperando un qualunque foglio di plastica traslucida.



Sarà anche importante illuminare al meglio il soggetto che intendiamo “fotografare”.

## I telescopi spaziali

---

Nello spazio l'uomo ha disseminato molte, molte, decine di telescopi con lo scopo di indagare su tutte le lunghezze delle onde elettromagnetiche, sui raggi cosmici ed ultimamente cercano di rilevare le "onde gravitazionali", previste nel 1915-16 da Einstein nella "Relatività Generale", teoria tutt'oggi alla base dei modelli cosmologici moderni.

Questi telescopi vengono immessi in orbita a distanza diversa dalla Terra in funzione del tipo d'indagine al quale sono preposti e per poter osservare lo spazio all'esterno dell'influenza dell'atmosfera terrestre.

Il primo telescopio orbitale, l'OA0-2 (Orbiting Astronomical Observatory) fu lanciato nell'ormai lontano 1968.



Il più famoso è certamente l' Hubble, che orbita alla distanza di 540 km circa dalla Terra, alla velocità di 27.000 km/h ed al quale dobbiamo le più belle fotografie dello spazio, mai viste.

Nonostante a quell'altezza non ci sia aria, come noi la conosciamo, nel suo continuo girare, il telescopio risente dell'attrito con l'Atmosfera.

Questo, nel tempo, gli aveva fatto perdere un po' di velocità e conseguentemente quota con il rischio di essere risucchiato dalla forza di gravità e di finire al suolo.

Per ben quattro volte lo Space Shuttle, ha aperto i portelloni del suo vano di carico, lo ha preso a bordo e lo ha riportato nella giusta orbita, alla giusta velocità.

E non è cosa da poco ! L'Hubble è grande quanto uno dei pulmini che vi accompagna a scuola !

Nell'ultima missione per reinserirlo nell'orbita, sono stati compiuti anche importanti lavori di manutenzione, che hanno dato nuova vita al telescopio, consentendogli di raggiungere un primato di longevità ed efficienza, considerato che ruota intorno alla terra dal 1990.



L'Hubble è sensibile alla radiazione elettromagnetica oltre il limite di quella visibile all'occhio umano ed è dotato di una strumentazione che consente di scomporre la luce raccolta dal suo specchio, in modo da poterla analizzare nelle varie lunghezze d'onda che la compongono.



Un telescopio altrettanto famoso è lo Chandra, anch'esso portato in orbita dallo Space Shuttle nel 1999.

La sua orbita è tuttavia molto diversa da quella dell'Hubble: è ellittica e il punto più vicino alla Terra è a 9.600 km mentre quello più distante è a circa 140.000 km.

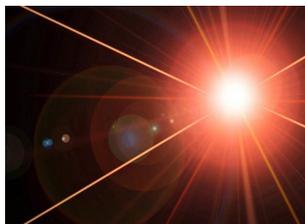
Diversa dall'Hubble è anche la frequenza della radiazione elettromagnetica che è preposto ad osservare. I suoi potenti quattro specchi sono infatti sensibili ai raggi X (fotoni X) ed hanno consentito di intercettare quelli provenienti dagli oggetti dell'Universo più lontani da noi.

Pensando a quei fotoni ed al loro fantastico viaggio durato 12 miliardi di anni, abbiamo provato riassumerlo nel tentativo di rendere il tempo più comprensibile:

## Storia di un telescopio e di un fotone

---

Nel silenzio assoluto, pochi fotoni si sono infilati nel cilindro di Chandra, il telescopio orbitale che si muove alla velocità di 6.200 km/h lungo una strada invisibile che lo costringe a ruotare intorno alla Terra.

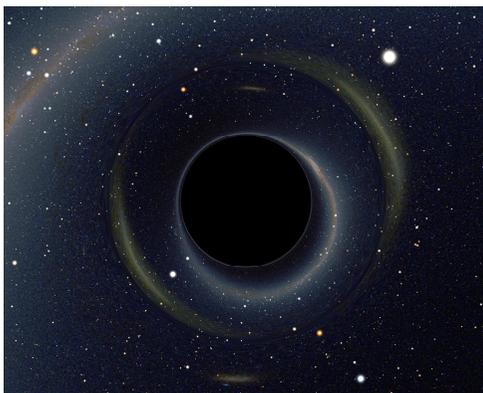


Sono fotoni che l'uomo ha denominato raggi X e che hanno concluso il loro viaggio contro i suoi specchi per essere indirizzati su di un sensore collegato ad un computer che li ha trasformati in una serie d'informazioni trasmesse immediatamente sulla Terra sotto la forma di un altro tipo di fotoni: le microonde.

Quei fotoni “X”, corpuscoli invisibili, avevano affrontato un viaggio molto, molto, lungo percorrendolo alla massima velocità conosciuta nel nostro Universo, quella della luce, riuscendo a traversare uno spazio immenso senza essere fermati da alcunchè.

Hanno iniziato il viaggio, tanto tempo fa, un periodo così lungo che la nostra immaginazione comprende con grande difficoltà.

La storia che questi fotoni ci raccontano è antichissima ed è accaduta dodici miliardi di anni fa, quasi ai primordi dell’Universo, a seguito di un colossale e violento evento cosmico: un misterioso gigante che sta divorando una galassia inondando lo spazio di schizzi di potentissima energia: si tratta di un **buco nero primordiale**.



Oggi non possiamo sapere cosa sia rimasto o cosa ancora ci sia nel posto che li ha generati e dal quale sono partiti.

In compenso, sapranno raccontarci cosa accadde a quel tempo in un universo totalmente diverso da quello che oggi conosciamo. Universo che si è continuamente trasformato durante il loro viaggio, espandendosi senza sosta e facendo nascere da nubi di gas e polvere le stelle e le galassie.



E’ trascorso molto tempo; i fotoni stanno viaggiando ormai da sette miliardi di anni, dritti, veloci e silenziosi.

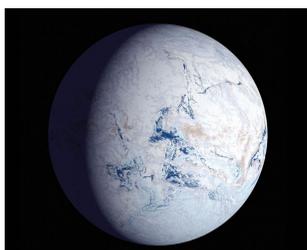
“Dalle nostre parti” si è già formato il Sole e si sta plasmando la Terra.

Trascorrono altri miliardi di anni; sulla Terra, che ancora non somiglia a quella che conosciamo, iniziano le prime forme di vita ed i fotoni si stanno avvicinando ai margini di quello spazio che, sebbene ancora molto distante, i nostri astronomi oggi conoscono grazie al veloce progresso tecnologico.

Ora sono ai bordi esterni della nostra galassia, la Via Lattea: stanno viaggiando da quasi dodici miliardi di anni.



La Terra è coperta dai ghiacci.



Il fantastico viaggio prosegue e gli anni continuano a scorrere. Sul nostro Pianeta, gli ominidi si sono evoluti ed i primi individui con sembianze umane si sono spostati diffondendosi verso nuovi territori.

Stanno sorgendo le grandi civiltà un po' dappertutto, in un'alternanza di nascite e scomparse.

Sulle terre bagnate dal Mediterraneo stanno erigendo l'unica delle sette meraviglie del mondo antico ad essere sopravvissuta abbastanza ben conservata fino ai nostri tempi : la tomba di Khufu, più nota con il nome di Piramide di Cheope.



Adesso, i fotoni hanno traversato gran parte della Via Lattea e sono distanti "solo" duemila anni dal loro incontro con il telescopio che li arresterà per sempre, dopo tutto questo tempo trascorso viaggiando dritti nel silenzio assoluto, alla massima velocità, senza mai imbattersi in un ostacolo.

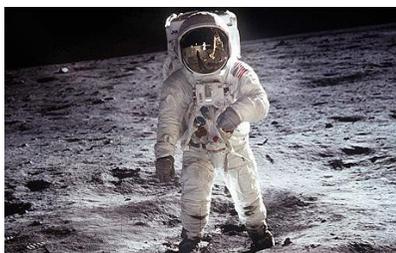
Sulla Terra gli uomini assistono alla nascita dell'ultima delle grandi religioni monoteiste, il Cristianesimo.

Adesso i tempi ci sono più familiari e riusciamo a comprenderne meglio la misura: mentre i fotoni – se potessero osservarlo – godrebbero della visione di uno dei più begli oggetti del nostro cielo notturno, la nebulosa di Orione, sulla Terra Cristoforo Colombo ha da poco scoperto le Americhe, Michelangelo sta scolpendo la Pietà.



L'Italia sta uscendo dal Medioevo e si sta affermando il Rinascimento.

Sono sempre più vicini: “vedono” chiaramente le stelle Castore e Polluce nella costellazione dei Gemelli, mentre la missione Apollo 11 ha appena portato l'uomo sulla Luna.



Ancora pochi decenni ed ecco che hanno raggiunto i confini del nostro sistema solare.

Adesso sono solo a poche ore dall'incontro con Chandra.

Dopo un incredibile viaggio di dodici miliardi di anni durante il quale non si sono imbattuti in nessuno ostacolo, s'infilano nello stretto tubo del telescopio per arrestarsi per sempre contro il suo sensore, trasmettendogli la loro energia che viene immediatamente convertita in informazioni inviate, in pochi minuti, sulla Terra dove le attendevano i fisici e gli astronomi che indagano il cosmo.



(\*) Liberamente ispirata a “I Motori della Gravità” di Caleb Scharf, edizione di Le Scienze

## La fotografia astronomica

---

La “luce” di questi oggetti ha compiuto un viaggio straordinario per giungere fino a noi.

Come abbiamo visto, la luce è caratterizzata da particelle dette “fotoni”, che viaggiano alla più alta velocità possibile nel nostro Universo: 299.792 chilometri al secondo e qualche “spicciolo”.

Per ricordarselo meglio, possiamo dire 300.000 chilometri al secondo.



Anche le cosiddette “onde” radio, della televisione, degli apparati radiografici, sono “fotoni”, che però noi non riusciamo a vedere.

Però l’uomo, per capire meglio ciò che ci circonda, ha la necessità di vedere con gli occhi anche le cose che gli occhi stessi non riescono a percepire, per poi poterle valutare con il suo intelletto.

...ecco lo stratagemma...

L’uomo, grazie al livello tecnologico raggiunto e all’uso dei computer, ricorre ad uno stratagemma.

Con i telescopi orbitanti intorno alla Terra, che riescono ad osservare l’Universo al di fuori delle limitazioni imposte dalla nostra Atmosfera, è possibile rilevare tutti i tipi di fotoni provenienti dallo spazio profondo, compresi quelli non visibili all’occhio umano, ma fondamentali per comprendere cosa stia realmente accadendo in quelle parte di infinito.

Tramite il computer, a ciascun tipo di fotone che non sarebbe visibile all'occhio umano, viene attribuito un nuovo colore, diverso da tutti gli altri, secondo una precisa logica.

Poi il computer ricompone la fotografia sia con i colori abituali per l'occhio umano che con i colori che non avrebbe potuto vedere.



Ne esce una fotografia particolarmente affascinante che consente di comprendere quali fenomeni si stiano realmente evolvendo nell'area in esame.

## La Terra gira. Hai mai pensato che....

---

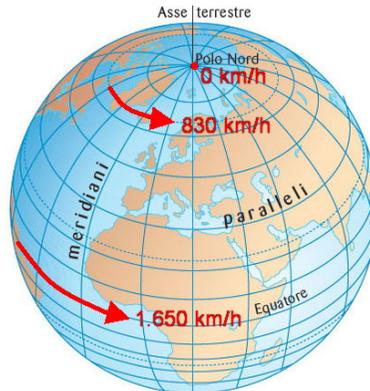
La Terra gira. Gira su se stessa, intorno al proprio asse.

Tutti noi sappiamo che per compiere un giro completo impiega 24 ore.

**...ma hai mai pensato che....?**

...se gira su se stessa, intorno al proprio asse, impiegando 24 ore, considerato che all'equatore la circonferenza terrestre è di circa 40.000 km, significa che un punto qualunque posizionato lungo la sua linea ruota alla velocità di circa 1.650 chilometri all'ora?

Stando comodamente seduti sulla linea dell'equatore, ci muoveremmo ad una velocità superiore a quella dei jet e superiore anche alla velocità definita "del suono".



E se la Terra girasse su se stessa ancora più velocemente?

Ovviamente, dipende da "quanto più velocemente".....

Potremmo arrivare anche al paradosso che, se invece di impiegare 24 ore per compiere un intero giro, la Terra **impiegasse 1 ora e 25 minuti**, tutte le persone, le auto e gli altri oggetti verrebbero a trovarsi in assenza di peso !! ...ma la velocità di rotazione non sarebbe più di 1.650 km/h, ma di 28.200 km/h.....:-)

## Avete idea a quale velocità ci stiamo spostando nell'Universo?

---

Se vi sembrasse di “viaggiare” ad una velocità già sufficientemente alta, sentite questa! :-)

Mentre state comodamente seduti ad ascoltare le lezioni dei vostri Insegnati, di fatto vi muovete nell'Universo a velocità impressionanti, da veri viaggiatori interstellari!

Come saprete, la “Via Lattea” è il nome che l'uomo ha dato alla galassia che ospita il nostro pianeta “Terra” ed il nostro sistema solare.

**Avete idea delle velocità alle quali ci avventuriamo nello spazio infinito?**

Ve lo diciamo noi....

La Terra percorre la sua orbita intorno al Sole alla velocità di circa 110.000 chilometri all'ora, ovvero circa 50 volte più veloce del più veloce jet militare.



Il sole orbita intorno al centro della Via Lattea alla velocità di 720.000 chilometri all'ora (ovvero circa 360 volte più veloce del più veloce jet militare...)

Ma non è tutto!

La Via Lattea si sposta nell'Universo alla velocità di 2 milioni e centosessantamila chilometri all'ora !!! (ovvero oltre 1.000 volte più veloce del più veloce jet militare...!)

Non male ! Altro che fermi !

## Qualche curiosità per iniziare a parlare di “stelle”.

### Le dimensioni dei Pianeti e del Sole

---

Questa è l'immagine della nostra galassia, la Via Lattea, già veduta nella pagina precedente.

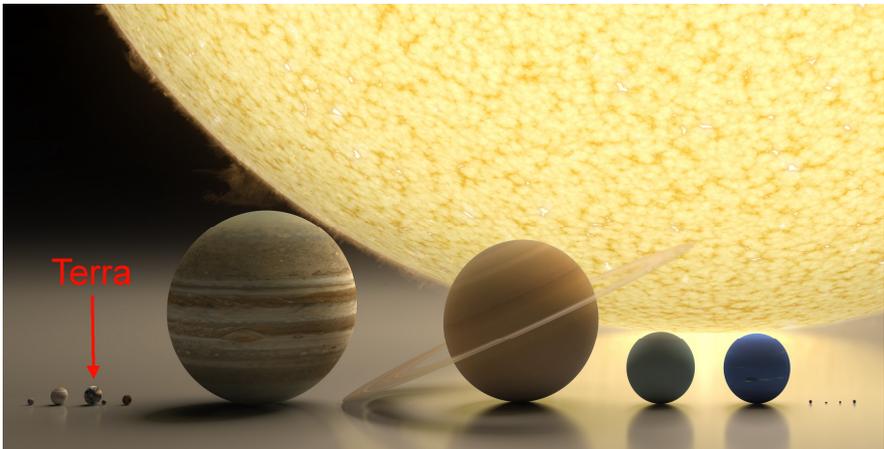
Ovviamente è una ricostruzione grafica, perché non esiste la possibilità di fotografarla da quella distanza.

Inizierei con il provare a comprendere le dimensioni di quel puntino rosso: il nostro Sistema Solare

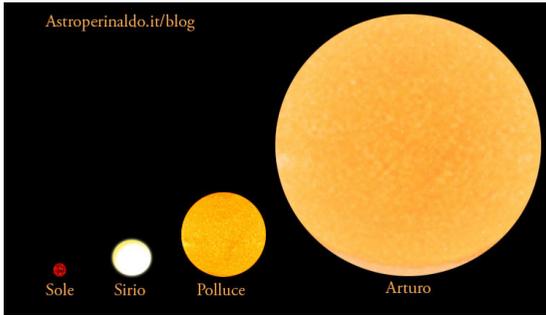


Questa è la rappresentazione delle dimensioni della nostra Terra nei confronti degli altri Pianeti

A partire da sinistra: Mercurio, Venere, la Terra con la Luna, Marte, Giove, Saturno, Urano, Nettuno e quelli che vengono definiti “pianeti nani”: Plutone, Haumea, Makemake, Eris.

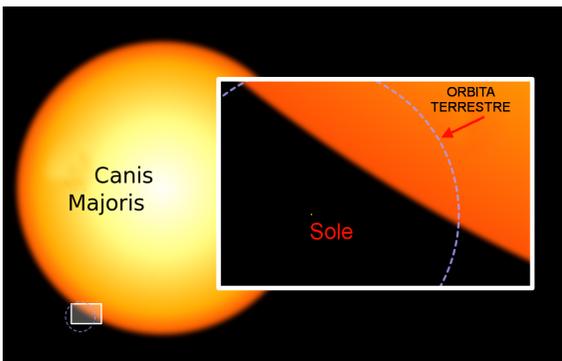
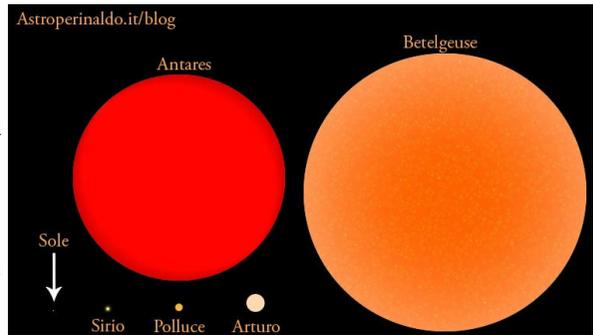


Adesso proviamo a comprendere le dimensioni del nostro Sole confrontandole con alcune delle altre stelle della nostra Galassia.



Iniziamo con le più piccole: Sirio la stella che ci appare più luminosa di tutte, ma che come potete vedere non è certo la più grande. Seguono Polluce ed Arturo

Continuiamo con la comparazione, aggiungendo Antares e Betelgeuse due stelle definite “supergiganti rosse”.



Ma le dimensioni continuano a crescere!

Ecco una “iperigante rossa”: Canis majoris”

## Chilometri, Unità astronomiche e Parsec

Qualche distanza iniziando con una unità di misura che conosciamo

**Il chilometro:** Sole: diametro 1.391.016 km; distanza dalla Terra, 150.000.000 km circa. Terra: diametro 12.756 km; Luna: diametro 3.474 km; distanza dalla Terra 384.000 km; Giove, il più grande dei pianeti: diametro 142.984 km

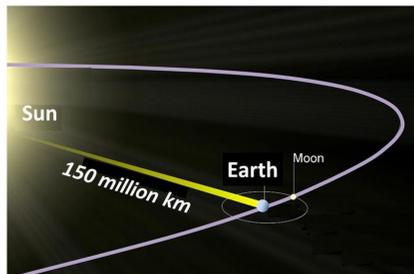
### L'unità di Misura Astronomica o

**UA:** il sistema solare è molto vasto e le unità di misura che adoperiamo abitualmente sulla Terra, il metro, il chilometro etc, sono troppo piccole per poter essere utilizzate ai fini dei calcoli astronomici.

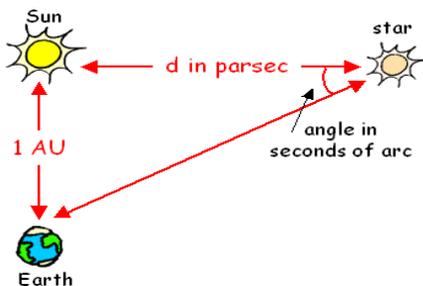
L'uomo ha quindi convenuto di adoperare una nuova misura: l'unità

astronomica (UA) assumendo come valore unitario la distanza che mediamente separa la Terra dal Sole.

Una "unità astronomica" è quindi corrispondente a 150 milioni di chilometri... tanta è la distanza che ci separa dalla nostra stella !



**Il Parsec:** l'uomo ha adottato anche un'altra unità di misura da adoperare in astronomia per misurare le distanze stellari: il Parsec.



E' un metodo antico ma ancora affidabile per valutare le distanze di oggetti celesti relativamente lontani. Si basa su calcoli trigonometrici abbastanza semplici, che conviene tuttavia approfondire specificamente in altra sede. Solo per curiosità diciamo che un Parsec corrisponde alla distanza che la luce percorrerebbe

in poco più di tre anni.

Sono certamente numeri che ci rendono difficile un paragone con le cose che appartengono alla nostra vita quotidiana.

## Il Sistema Solare

---

Torniamo con i piedi sulla nostra “piccola” Terra e proviamo a comprendere meglio le dimensioni del nostro Sistema Solare.

Intanto, qualche informazione:

Il Sistema Solare ha circa quattro miliardi e mezzo di anni ed è nato da una nube di gas interstellari (prevalentemente idrogeno ed elio) e polveri che, contraendosi in rotazione sotto la spinta della forza gravitazionale, hanno finito – in pochi milioni di anni – con l’addensarsi in un unico punto, provocando un continuo aumento della massa e della temperatura fino al momento in cui questa è diventata sufficientemente alta da innescare le reazioni termonucleari. Stava nascendo la nostra stella: il Sole.

I gas e le polveri rimanenti, ruotando sempre più caoticamente e velocemente intorno alla stella nascente ed urtando fra di loro fino ad unirsi, hanno lentamente iniziato a trasformarsi nei corpi celesti che conosciamo oggi.



Con lo sviluppo tecnologico ed il conseguente, notevole, miglioramento della capacità osservativa e di calcolo, gli scienziati ritengono che le orbite dei pianeti e degli altri corpi celesti che ruotano intorno al Sole siano tali da lasciar ipotizzare la presenza di altri consistenti corpi celesti, forse altri pianeti, che non è stato ancora possibile vedere con i telescopi, per quanto potenti siano quelli attuali.

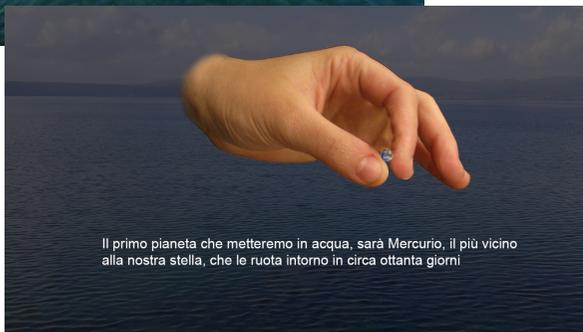
## Il Sistema Solare - Proviamo a comprenderne le dimensioni

Noi abbiamo la fortuna di avere sott'occhio un "campo di lavoro" ideale che ben conosciamo: il lago di Bracciano.

Adesso immaginiamo di ridurre le dimensioni del Sole ad una palla di circa un metro e mezzo di diametro e di metterlo in una barca insieme ai pianeti, anch'essi opportunamente ridotti.



Una volta arrivati al centro del lago, mettiamo in acqua il nostro Sole ed iniziamo a distanziarci da lui. Dopo essersi distanziati di 68 metri, mettiamo in acqua Mercurio.



Il primo pianeta che metteremo in acqua, sarà Mercurio, il più vicino alla nostra stella, che le ruota intorno in circa ottanta giorni



Rispettando le distanze in base alle dimensioni attribuite al Sole, ci siamo distanziati di 64 metri ed abbiamo messo in acqua Mercurio.

Solo per curiosità: il pontile di Anguillara è lungo circa 45 metri



Solo per curiosità: il pontile di Anguillara è lungo circa 45 metri.

Adesso è la volta di Venere e poi della nostra Terra.



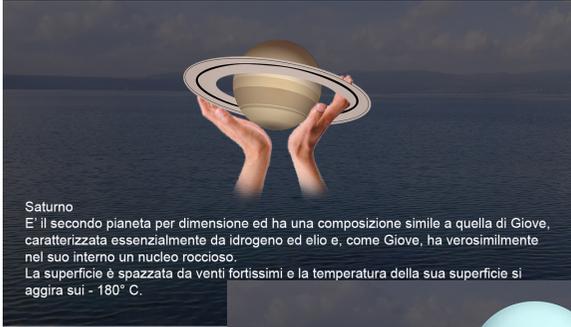
Dopo, è la volta di Marte.

Siamo a circa 253 metri dal Sole e a 87 metri dalla Terra. Per percorrere questi “87 metri”, la sonda spaziale Curiosity ha impiegato 8 mesi.

Con lo stesso sistema, continuiamo a mettere in acqua tutti gli altri Pianeti.

Con Giove, il più grande dei Pianeti, le distanze iniziano ad aumentare sempre di più





**Saturno**

E' il secondo pianeta per dimensione ed ha una composizione simile a quella di Giove, caratterizzata essenzialmente da idrogeno ed elio e, come Giove, ha verosimilmente nel suo interno un nucleo roccioso.  
La superficie è spazzata da venti fortissimi e la temperatura della sua superficie si aggira sui - 180° C.

Dopo aver messo in acqua anche Saturno è la volta di Urano, così lontano da non poter essere visibile ad occhio nudo, nonostante sia il terzo pianeta per dimensioni.

La sua temperatura superficiale è di -200° gradi centigradi e la sua superficie è spazzata da venti che soffiano fino a 570 km/h..

Adesso è la volta di Nettuno ed è così distante da essere ancora poco conosciuto.



**Urano.**

E' il terzo pianeta per dimensioni.  
Come Giove e Saturno è anch'esso costituito prevalentemente da idrogeno ed elio, ai quali si aggiunge il metano responsabile della colorazione celeste.  
Il metano infatti assorbe la componente rossa della luce riflettendo quella blu, che gli fa assumere il suo colore caratteristico



Siamo ai confini del Sistema Solare e il Sole è davvero molto, molto lontano.

Solo la sonda spaziale Voyager 2, lanciata da Cape Canaveral il 20 Agosto 1977 ha raggiunto Nettuno dopo un volo durato 10 anni e aver percorso oltre 5 miliardi di chilometri.

Nel 2016, la sonda si trova in uno spazio definito "elioguaina"

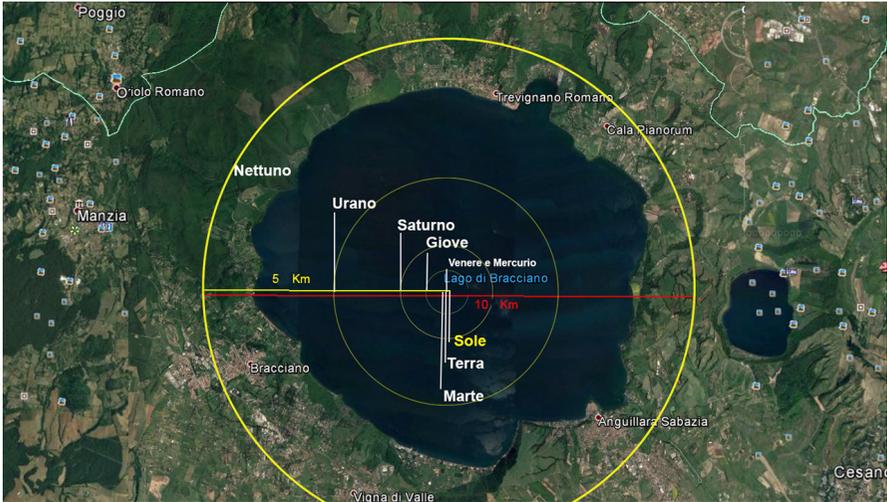
Le trasmissioni radio, viaggiando alla velocità della luce, impiegano circa 16 ore per raggiungerci

**Sole**

**Nettuno**

5 Km

Diamo uno sguardo al modello che abbiamo appena costruito partendo da un “Sole” largo un metro e mezzo, messo in acqua nel centro del lago di Bracciano.



Adesso possiamo apprezzare meglio quale sia la distanza tra la Terra e Marte per percorrere la quale la sonda Curiosity ha impiegato otto mesi.



...e la distanza tra la Terra e Nettuno per la quale la sonda “Voyager 2” ha impiegato dieci anni....



Il nostro Sistema Solare è da qualche parte, qui, nella Via Lattea tra **400 miliardi di altre stelle** (stella più stella meno in quanto alcuni ne stimano “solo” 200 miliardi).

Per attraversare la Via Lattea da una parte all'altra occorrono **100.000 anni**...trascorsi però viaggiando alla velocità della luce!!

La nostra Galassia “Via Lattea” è da qualche parte, qui, nell'Universo, insieme ad altre...**200 miliardi di galassie** !! Ma è notizia del 2016, basata sulle analisi dei telescopi spaziali che il **numero verosimile potrebbe essere di 2.000 miliardi!!**



Ho capito! Sono numeri difficili da comprendere.

Torniamo con i piedi per Terra e .... cerchiamo di averne cura perché non è poi così grande!!



## La distanza tra la terra e la Luna– Proviamo a riprodurla in scala

Per quanto sia la Luna che il Sole siano ben visibili e ci appaiano vicini, anche queste distanze superano la nostra capacità d'immaginazione.

Sotto, abbiamo una spettacolare immagine reale della Terra e della Luna, scattata dalla sonda giapponese Hayabusa, lanciata nel 2003 alla volta dell'asteroide Itokawa e rientrata sulla Terra nel 2010 dopo essere riuscita a raccogliere dei campioni di polveri dell'asteroide stesso.

La foto è stata scattata da una distanza compresa tra i 2 ed i 3 milioni di chilometri dai due corpi celesti.



Per meglio comprendere dimensioni e distanza, costruiamo insieme un modellino in scala ridotta; ...molto ridotta

### Distanza tra la Terra e la Luna.

La Terra ha un diametro di circa 12.700 km, la Luna ha un diametro di 3.474 km e distano tra loro 384.400 km.

Rimpiccoliamo la Terra utilizzando una “pallina” dal diametro di 4 centimetri.

In questo caso, dovremmo rimpiccolire la Luna alle dimensioni di una pallina di poco più di un centimetro.

Per distanziare con la dovuta proporzione la Terra dalla Luna, le “palline” dovrebbero essere posizionate a circa un metro e 21 centimetri l'una dall'altra.

L'immagine che segue è quella di un modellino di facile realizzazione, creato appositamente per aiutare a comprendere meglio dimensioni e distanza.



## Il Sistema Solare: costruiamo il nostro modello in scala

Avete letto l'articolo "*Il Sistema Solare - Proviamo a comprenderne le dimensioni*", vi è apparso interessante ma avreste gradito poterlo ricostruire con dimensioni più adeguate per gli spazi comunemente reperibili?



Ebbene, abbiamo predisposto un semplice foglio di calcolo e non dovrete far altro che scaricarlo ed inserire in questo foglio un solo numero: quello della distanza che avete a disposizione.

E' sufficiente scaricare il foglio di calcolo copiando il codice che segue, "incollandolo" poi nel normale campo di ricerca "internet".

<https://www.asvus.it/wp-content/uploads/2018/03/DISTANZESISTEMASOLAREPROTETTO.xlsx>

Verrà "scaricato" il foglio di calcolo di facilissima utilizzazione. Troverete una sola casella colorata di giallo con dentro riportato un

numero rosso. Con la freccetta del mouse cliccateci sopra e scrivete il numero che intendete inserire.

Esempio: avete a disposizione il corridoio della vostra scuola lungo 15 metri ?

Ebbene scriverete " 15 " nell'unica casella evidenziata in giallo e lasciata disponibile per consentirvi di scrivere il numero.

Con lo stesso metodo, potete scrivere la misura che più v'interessa: quella della vostra cameretta, un corridoio, il vostro giardino o il nostro campo di volo....e il gioco è fatto.

RIPRODUZIONE IN SCALA DELLE DISTANZE TRA I CORPI CELESTI DEL SISTEMA SOLARE E DEL LORO DIAMETRO					
SOSTITUIRE IL VALORE DELLA "DISTANZA DISPONIBILE" CON QUELLO CHE SI INTENDE VERIFICARE (Distanza di default cm 300,00)					
DISTANZA DISPONIBILE					mt
					300,00
CORPI CELESTI		DIAMETRO		DISTANZA DAL SOLE	
n°	NOME	RIDOTTO mm	REALE Km (*)	RIDOTTO mt	REALE km (*)
	SOLE	92,7756	1.391.016	0	
1	MERCURIO	0,3254	4.879	3,87	58.000.000
2	VENERE	0,8073	12.104	7,20	108.000.000
3	TERRA	0,8508	12.756	10,00	150.000.000
4	MARTE	0,4530	6.792	15,21	228.000.000
5	GIOVE	9,5365	142.984	51,89	778.000.000
6	SATURNO	8,0393	120.536	95,18	1.427.000.000
7	URANO	3,4094	51.118	191,49	2.871.000.000
8	NETTUNO	3,3033	49.528	300,00	4.498.000.000
Rapporto di riduzione in mm dei diametri e delle distanze reali riferito ai metri disponibili					14.993,33
DISTANZA DELLA LUNA DALLA TERRA				RIDOTTA mm	REALE km
				25,638	384.400
(*) Valori desunti dalla pubblicazione "NASA - Solar System Scale and Planetary Fact Sheet"					

Come risultato otterrete le distanze in scala dei vari Pianeti dal Sole ed i rispettivi diametri.

Noi pensiamo che rimarrete sorpresi....!

Automaticamente, tutte le misure si aggiorneranno.

Nella colonna “DISTANZA DAL SOLE -> RIDOTTO mt” leggerete le distanze alle quali dovete sistemare i vari Pianeti.

Nella colonna “DIAMETRO -> RIDOTTO mm” leggerete, invece, i diametri in scala dei vari Pianeti.

## Dalla Terra alla Luna - Costruiamo il modello in scala

Vi siete affezionati all’idea di riprodurre in scala le distanze tra i pianeti e vorreste provare anche con la Terra e la Luna?



Niente di più facile!

Nella parte inferiore dello stesso foglio di calcolo che avete appena scaricato seguendo la procedura della pagina precedente, trovate una sola casella colorata di giallo con dentro riportato un numero rosso.

RIPRODUZIONE IN SCALA DELLA DISTANZA E DEI DIAMETRI TERRA - LUNA							
SOSTITUIRE IL VALORE PREDETERMINATO CON QUELLO CHE SI DESIDERA ATTRIBUIRE AL DIAMETRO DELLA TERRA (diametro di default cm 4,00)							
DIAMETRO PREDETERMINATO DELLA TERRA				cm			
				4,00			
Rapporto diametro Terra Luna (12.700 : 3.474)				3,656			
Rapporto tra uil diametro reale della Terra con quello predeterminato				317.500,00			
CORPO CELESTE	DIAMETRO		SATELLITI	DIAMETRO		DISTANZA DAL PIANETA Km	
	RIDOTTO cm	REALE km		RIDOTTO cm	REALE km	RIDOTTO mt	REALE km
TERRA	4,00	12.700	LUNA	1,094	3.474	1,211	384.400

E’ sufficiente modificarlo indicando il diametro che intendete attribuire alla Terra e, automaticamente, si aggiorneranno sia la

misura del diametro della luna che la distanza tra i due corpi celesti.

Ad esempio, potete indicare il diametro del vostro pallone di calcio o quello di una mela e potrete vedere come cambiano le altre misure.

## In quale punto dell'Universo si trova la Via Lattea?

L'immagine che vediamo di fianco è una ricostruzione della Via Lattea, in quanto sappiamo che non esiste la possibilità di fotografarla così da lontano. Questa tuttavia ci aiuta a comprendere dove sia posizionato il nostro Sole con i suoi Pianeti: tra 200 e 400 miliardi di altre stelle.

Adesso, passiamo all'Universo

La descrizione più comune che viene fatta è che...è infinito...

Probabilmente non lo è, ma dargli una dimensione è certamente ben difficile e ancora non esiste una rappresentazione che

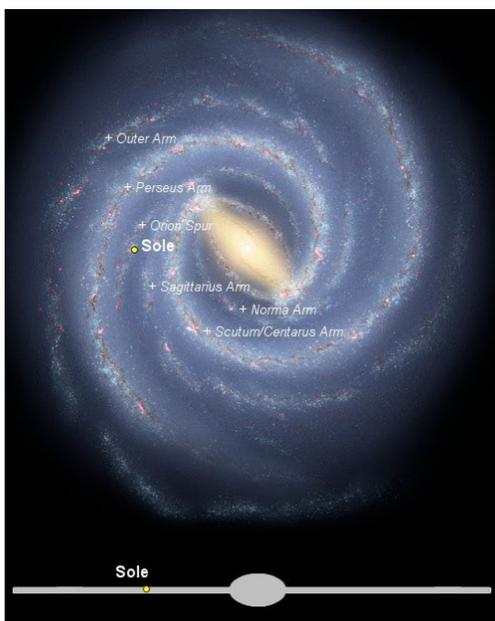
ci consenta di averne un'immagine complessiva e, conseguentemente, della esatta posizione della nostra Via Lattea.

Tuttavia, a seguito dei recentissimi studi resi possibili dal veloce progresso tecnologico di questi ultimi decenni, ed in particolare dai telescopi orbitali, da quelli terrestri e da computer sempre più potenti, è stato possibile ricostruire una mappa tridimensionale di una piccola area dell'Universo: quella più vicina a noi.

Per portare un esempio, questa area potrebbe essere considerata come un piccolo quartiere nei confronti di tutte le abitazioni di una metropoli più grande di Roma.

Ma è poi così piccola?

Questo "piccolo quartiere" dell'universo contiene più di 100 milioni di galassie e per traversarlo tutto, alla velocità della luce, occor-



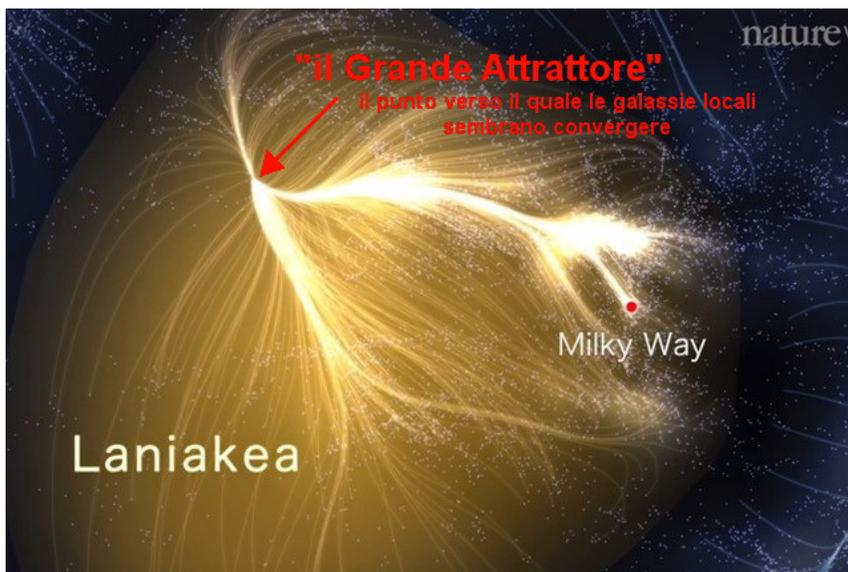
rerebbero 500 milioni di anni .....e la nostra mente ha già perduto la capacità d'immaginarlo....

Mentre l'Universo è generalmente considerato in espansione, questo enorme insieme di galassie (definito "superammasso") nel quale è inserita anche la Via Lattea è destinato a convergere verso una "anomalia gravitazionale" dello spazio intergalattico che sembra risucchiarle tutte.

Questo punto verso il quale tutte le galassie delle quali stiamo parlando stanno convergendo, è stato definito "Il Grande Attrattore", mentre all'insieme di galassie che stanno dirigendosi verso di lui, è stato dato il nome di "Laniakea", che nella lingua hawaiana significa "paradiso non misurabile".

...e stiamo parlando solo di una piccolissima porzione di Universo.....!!

Ciascun puntino della immagine che segue rappresenta una galassia e quelli che appaiono come filamenti sottilissimi rappresentano il percorso che stanno seguendo dirigendosi tutte verso lo stesso punto dell'Universo: "Il Grande Attrattore"



## Qualche bella immagine dell'Universo

Credo che non si possa fare a meno di proporre alcune immagini riprese dal telescopio spaziale Hubble



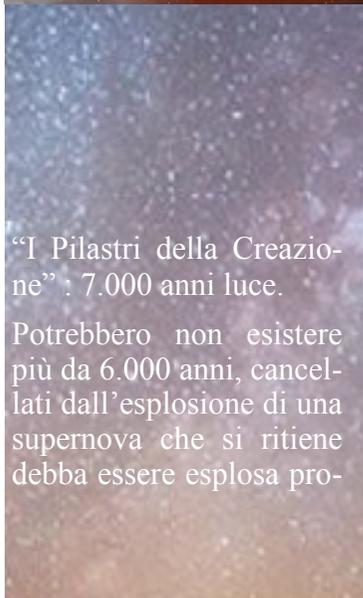
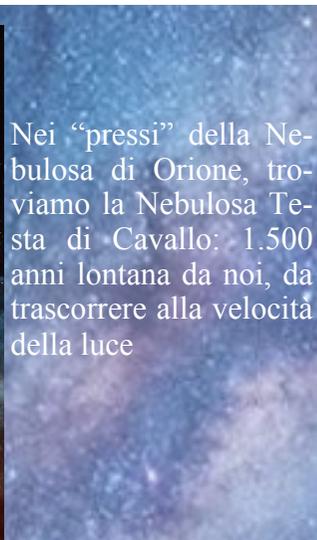
Iniziamo con i cieli tempestosi di Giove e proseguiamo con la Nebulosa di Orione.

L'immagine che vediamo oggi è quella di circa 1.350 anni fa: tanto è il tempo che la luce ha impiegato per giungere fino a noi





Nei “pressi” della Nebulosa di Orione, troviamo la Nebulosa Testa di Cavallo: 1.500 anni lontana da noi, da trascorrere alla velocità della luce



“I Pilastrini della Creazione” : 7.000 anni luce.

Potrebbero non esistere più da 6.000 anni, cancellati dall’esplosione di una supernova che si ritiene debba essere esplosa pro-





Nebulosa “Ali di Farfalla”:  
3.800 anni lontana da noi e  
formata quando una stella  
cinque volte più grande del  
Sole ha iniziato il processo  
che precede il suo oblio: la  
trasformazione in una stella  
gigante rossa.

Nebulosa “Granchio”:  
6.000  
anni luce lontana da noi e for-  
mata dall’esplosione di una  
“supernova”, della quale oggi  
rimane una “pulsar”: una stella  
di soli poche decine di chilome-  
tri, che ruota alla velocità di 30  
volte in un secondo e che emet-  
te una quantità incredibile di  
energia



Messier 74 una galassia a spirale distante...30 milioni di anni luce

Alcuni corpi celesti vengono individuati con un nome, ma la maggior parte viene contraddistinta con numeri appartenenti a "cataloghi" diversi.

In questo caso il catalogo è quello di "Messier", dal nome dell'Astronomo che per primo provvide a catalogare



NGC 2207 e IC 2163 (contraddistinte in due diversi cataloghi), distanti 130 milioni di anni luce, sono entrate in collisione.

Si tratta di qualche cosa di simile a quello che accadrà alla nostra Via Lattea con la "vicina" galassia di Andromeda. Ma non c'è da preoccuparsi: ne riparleremo fra



**UN VOLO SULLA CONOSCENZA  
QUADERNI**

Carlo Bartolini  
Anguillara Sabazia  
2018